



### III-340 - QUANTIFICAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS ETAS DE PERNAMBUCO

**Rosângela Gomes Tavares<sup>(1)</sup>**

Bacharel em Química e Engenharia Química, formada pela UNICAP, em 1993 e 1998. MSc. em Engenharia Civil – Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, pela UFPE, em 2003. Técnica Reguladora da Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco – ARPE. Docente da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

**Ana Paula Maria de Araújo**

Engenheira Química, formada pela UNICAP, em 1994. Licenciada em Química pela UFRPE, em 2003. MSc. em Engenharia Civil – Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, pela UFPE, em 2006. Técnica Reguladora da Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco – ARPE

**Rossanna Barbosa Pragana**

Engenheira Agrônoma, formada pela UFRPE, em 1995. MSc. em Agronomia – Ciência do Solo, pela UFRPE, em 1999. Pesquisadora da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA de 1999 a 2002. Técnica Reguladora da Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco – ARPE de 2002 a 2008. Docente da UFPI.

**Sandra Maria Queiroz de Souza**

Engenheira Química, formada pela UFPE, em 2008. Estagiária da Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco – ARPE.

**Valmir Cristiano Marques de Arruda**

Engenheiro Sanitarista formado pela UFMT. Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Civil da UFPE. Doutorando em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Civil da UFPE. Analista de Recursos Hídricos da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco – SRH.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Conselheiro Rosa e Silva, nº 975 - Aflitos - CEP 50.050-020 - Recife-PE. Fone: (081) 31829725. e-mail: [rosangelatavares@arpe.pe.gov.br](mailto:rosangelatavares@arpe.pe.gov.br)

#### RESUMO

O destino dos resíduos das Estações de Tratamento de Água é um dos principais problemas operacionais da indústria da água. No Brasil, esses resíduos são dispostos no ambiente de forma inadequada. Quase sempre os corpos d'água superficiais, localizados próximos às ETAs, são os principais receptores, sofrendo severo impacto ambiental.

A quantidade de lodo gerado e suas características físico-químicas devem ser bem conhecidas antes de se decidir sobre a forma e o local de destino final. Segundo SARON (2001), é possível quantificar o lodo gerado em ETA através de um balanço de massa e fórmulas empíricas.

O objetivo desse trabalho foi estimar a quantidade de lodo gerado em seis ETAs da Região Metropolitana do Recife, através do uso de diversas fórmulas empíricas, levando em conta as características físico-químicas da água bruta e o tipo e dosagem de produtos químicos utilizados para a coagulação e floculação. A produção de lodo nos decantadores das ETAs Alto do Céu, Botafogo, Caixa D'água, Gurjaú, Suape e Tapacurá, durante 12 meses de acompanhamento, foi maior nos meses de maio a julho, meses chuvosos na Região Metropolitana do Recife durante o ano de 2002. Nesse período, a água bruta apresenta turbidez e cor elevada, necessitando conseqüentemente de maior dosagem de sulfato de alumínio. Nas ETAs Alto do Céu, Caixa d'Água, Gurjaú, Suape, e Tapacurá houve uma maior produção de lodo no mês de junho, mês de maior precipitação pluviométrica do período avaliado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo de ETA, Quantificação.

#### INTRODUÇÃO

Há hoje um sentimento crescente, ligado às exigências ambientais, que tendem a exigir maiores cuidados com a disposição do lodo e dos demais resíduos do processo de potabilização da água. O destino dos resíduos da ETA é um dos principais problemas operacionais das estações. A quantidade de lodo gerado e suas características físico-químicas devem ser bem conhecidas antes de se decidir sobre a forma e o local de



destino final. Existem várias alternativas tecnicamente aceitáveis para a disposição final do lodo como aterros sanitários, incineração, reciclagem agrícola, uso na silvicultura, recuperação de áreas degradadas, co-disposição com biossólidos e aplicações em diversas indústrias como da construção civil (fabricação de tijolos, cerâmicos e cimento) (REALI, 2000).

A maioria dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água (ETAs) do Brasil é disposta no ambiente de forma inadequada. Os corpos d'água superficiais, localizados próximos às ETAs, quase sempre, são os principais receptores, com severo impacto ambiental. Quanto aos resíduos de estações de tratamento de esgoto (ETEs), geralmente são dispostos nas proximidades das estações, constituindo séria ameaça à saúde pública e ao ambiente. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento-SNIS do Ministério das Cidades (2005), do total de esgotos gerados na área urbana, aproximadamente 51% são coletados e apenas 31% recebem tratamento.

Segundo SARON (2001), é possível quantificar o lodo gerado em ETA através de um balanço de massa e fórmulas empíricas. Quando se tratar de uma ETA em operação, deve-se estimar a produção pela determinação dos sólidos provenientes da descarga dos decantadores e vazão do mesmo. Quando a ETA está em fase de projeto, determina-se através de fórmulas empíricas.

Há diversas fórmulas empíricas, cujo uso depende das características da água bruta, do tipo e dosagem de produtos químicos utilizados para a coagulação e floculação, assim como da eficiência da unidade de floculação e decantação.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**

### **IDENTIFICAÇÃO DE TODAS AS ETAS DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Foram identificadas, através dos mecanismos de fiscalização da Arpe, todas as ETAs do Estado, tipos de tratamento, tipos de produtos químicos usados e disposição dos resíduos gerados por cada estação.

### **PARÂMETROS PARA QUANTIFICAÇÃO DOS LODOS GERADOS NOS DECANTADORES CONVENCIONAIS DAS ETAS DA RMR**

Para a determinação quantitativa dos lodos gerados nos decantadores de ETA foram escolhidas 6 ETAs da RMR, levando em conta a localização para facilitar as coletas e o devido monitoramento. Sendo elas: ETA SUAPE, ETA Gurjaú, ETA Tapacurá, ETA Alto do Céu, ETA Caixa D'água e ETA Botafogo.

Os parâmetros monitorados diariamente foram: vazão, cor e turbidez da água bruta, além da dosagem de produto químico e índice pluviométrico. Esses parâmetros foram determinados pela Companhia Pernambucana de Saneamento e os procedimentos analíticos foram baseados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1995) e realizados nos laboratórios das respectivas ETAs.

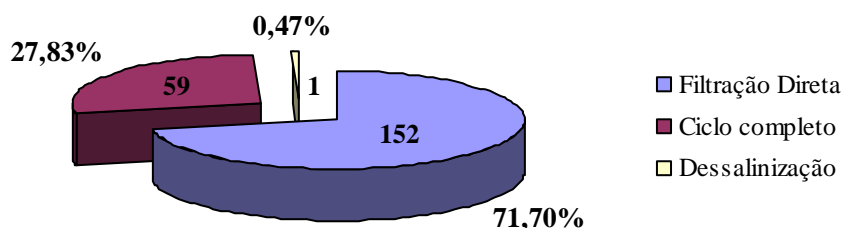
### **DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS GERADOS NO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Foi realizado um levantamento da disposição final dos resíduos gerados nas 212 estações de tratamento de água do estado de Pernambuco.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **IDENTIFICAÇÃO DAS ETAS DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Durante as fiscalizações a Arpe constatou-se, que existem hoje em operação no estado de Pernambuco um total de 212 estações de tratamento de água, para atender uma população 5.592.150 habitante (SIP, 2009) distribuída em 170 municípios mais o arquipélago Fernando de Noronha. Dentre as 212 ETAs operadas pela Companhia Pernambucana de Saneamento- Compesa, 152 são do tipo compacta, 59 de ciclo completos, ou seja convencionais e uma estação, localizada no arquipélago de Fernando de Noronha, trata água do mar através da tecnologia de dessalinização, conforme mostra a figura 1.



**Figura 1. Distribuição das ETAs por tecnologia de tratamento**

Os lodos gerados nas estações de tratamento de águas têm suas características quantitativas diferenciadas pela qualidade da água bruta, vazão e variações na dosagem de produtos químicos. Esses fatores são fundamentais para a quantificação do lodo produzido em cada ETA. As estações convencionais, geralmente são projetadas para tratar água com elevada turbidez. Enquanto que, água com turbidez relativamente baixa e pouca variação, são quase sempre tratadas através de sistemas compactos. Do total de ETAs compactas no estado de Pernambuco 129 tratam vazões inferiores a 100 m<sup>3</sup>/h, 21 tratam vazões entre 100 e 500 m<sup>3</sup>/h, e apenas 2 ETAs compactas tratam vazão superior a 500 m<sup>3</sup>/h. Espera-se que essas ETAs gerem resíduos em menor quantidade que as ETAs convencionais que geralmente é de grande porte e a qualidade da água bruta é bastante variável e possui as etapas de coagulação, floculação, decantação e filtração em unidades distintas. Segundo Cordeiro (1999), existe no Brasil em torno de 7500 ETAs de ciclo completo e essas geram em torno de 2000 ton/ano de lodos, que são lançados indiscriminadamente nos rios. Poucas estações se preocupam com o condicionamento e destino apropriado para os resíduos sólidos gerados nas ETAs.

No estado de Pernambuco existem 59 estações de ciclo completo. Seis delas, descritas na tabela 1, estão localizadas na Região Metropolitana do Recife.

**Tabela 1. Descrição das ETAs convencionais da RMR.**

Sistema	Vazão nominal	Vazão aduzida	Unidades na linha de tratamento
Alto do Céu	730 L/s	1200 L/s	01 caixa de mistura, 02 floculadores do tipo Alabama, 03 decantadores convencionais, 08 filtros rápidos de gravidade e 02 reservatórios, um de 5.000 m <sup>3</sup> e outro de 20.000 m <sup>3</sup> .
Botafogo	2200 L/s	1600 L/s	01 caixa de mistura, 03 floculadores mecânicos, 03 decantadores, 04 filtros rápidos de gravidade e 05 reservatório de 25.000m <sup>3</sup>
Caixa D'água	230 L/s	200 L/s	01 caixa de mistura, 02 floculadores tipo Alabama, 03 decantadores, 05 filtros rápidos de gravidade e 01 reservatório de 100 m <sup>3</sup>
Gurjaú	600 L/s	1000 L/s	01 caixa de mistura, 02 floculadores hidráulicos do tipo Alabama, 02 decantadores convencionais, 08 filtros rápidos de gravidade.
Suape	3400 L/s	3700 L/s	01 caixa de mistura, 04 floculadores mecânicos, 04 decantadores modulares, 08 filtros rápidos de gravidade e 01 reservatório de 14.600m <sup>3</sup>
Tapacurá	4000 L/s	4000 L/s	01 caixa de mistura, 08 floculadores mecânicos, 04 decantadores com módulo tubular e 08 filtros rápidos de gravidade.

## QUANTIFICAÇÃO DOS LODOS GERADOS NOS DECANTADORES CONVENCIONAIS DAS ETAS DA RMR

A produção dos sólidos gerados e acumulados nos decantadores das ETAs da Região Metropolitana do Recife foi determinada empiricamente por fórmulas da AWWA, CETESB, WRC, CORWELL e KAWAMURA, citadas por SARON (2001). Há diversas fórmulas empíricas, como mostra a Tabela 2, mas o uso delas depende das características da água bruta, do tipo e dosagem de produtos químicos utilizados para a coagulação e floculação, assim como da eficiência da unidade de floculação e decantação.



Tabela 2: Fórmulas empíricas para quantificar o lodo gerado em ETA.

Fórmula	Descrição
$W = (86400 * Q * 3.5 * T^{0.66}) * 10^{-3}$ <p>(American Water Work Association, 1978)</p>	W = quantidade de sólido seco (kg/dia) T = turbidez (UT) Q = vazão de água bruta tratada (m³/s)
$W = (86400 * Q * (1.2 * T + 0.07 * C + H + A)) * 10^{-3}$ <p>(Water Research Center, 1979)</p>	W = quantidade de sólido seco (kg/dia) Q = vazão de água bruta tratada (m³/s) T = turbidez (UT) H = hidróxido coagulante (mg/L) A = outros aditivos, como polímero (mg/L). C = cor aparente da água bruta (UC)
$W = (86400 * Q * (1.2 * T + 0.07 * C + 0.17 * D + A)) * 10^{-3}$ <p>(Association Francaise Pour L'etude Des Eaux, 1982)</p>	W = quantidade de sólido seco (kg/dia) Q = vazão de água bruta tratada (m³/s) T = turbidez (UT) D = dosagem do coagulante sulfato de alumínio (mg/L) A = outros aditivos, como polímero (mg/L). C = cor aparente da água bruta (UC)
$W = (86400 * Q * (0.23 * AS + 1.5 * T)) * 10^{-3}$ <p>(CETESB)</p>	W = quantidade de sólido seco (kg/dia) Q = vazão de água bruta tratada (m³/s) T = turbidez (UT) AS = dosagem do coagulante sulfato de alumínio (mg/L)
$W = (86400 * Q * (0.44 * AS + 1.5 * T + A)) * 10^{-3}$ <p>(CORNWELLI)</p>	W = quantidade de sólido seco (kg/dia) Q = vazão de água bruta tratada (m³/s) T = turbidez (UT) AS = dosagem do coagulante sulfato de alumínio (mg/L) A = outros aditivos, como polímero (mg/L).
$W = 86400 * Q * ((D * Fe1) + (T * Fe2))$ <p>Fe1 = varia entre 0.23-0.26  Fe2 = varia entre 1.0-2.0  (KAWAMURA, 1991)</p>	W = quantidade de sólido seco (kg/dia) Q = vazão de água bruta tratada (m³/s) T = turbidez (UT) D = dosagem do coagulante sulfato de alumínio (mg/L) Fe1 = fator que depende do número de moléculas de água associadas a cada molécula de sulfato de alumínio Fe2 = razão entre a concentração de sólidos suspensos totais presentes na água bruta e turbidez da mesma.

Fonte: FERREIRA FILHO e ALÉM SOBRINHO, 1998.

A variação mensal de produção de lodo nos decantadores em cada ETA da Região Metropolitana do Recife é mostrada nos gráficos abaixo e foi utilizada para este cálculo a fórmula empírica mostrada por KAWAMURA, citado por REALI (1999). Essa fórmula relaciona a turbidez média mensal da água a ser tratada, a dosagem média mensal de sulfato de alumínio usado e a produção de lodo por m³ de água tratada em cada kg/m³ para cada estação.

$$W = 86400 * Q * ((D * Fe1) + (T * Fe2))$$

W = quantidade de sólido seco (kg/dia)

Q = vazão de água bruta tratada (m³/s)

T = turbidez (UT)

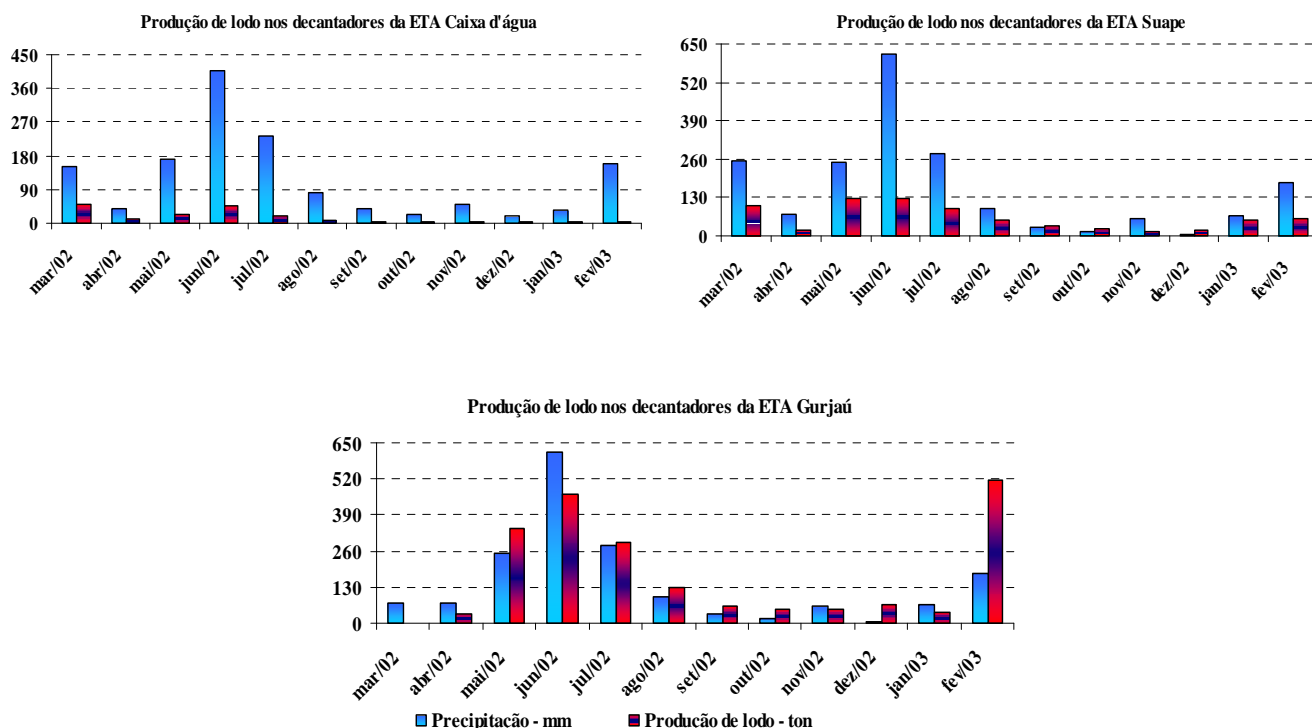
D = dosagem do coagulante sulfato de alumínio (mg/L)

Fe1 = fator que depende do número de moléculas de água associadas a cada molécula de sulfato de alumínio

Fe2 = razão entre a concentração de sólidos suspensos totais presentes na água bruta e turbidez da mesma.



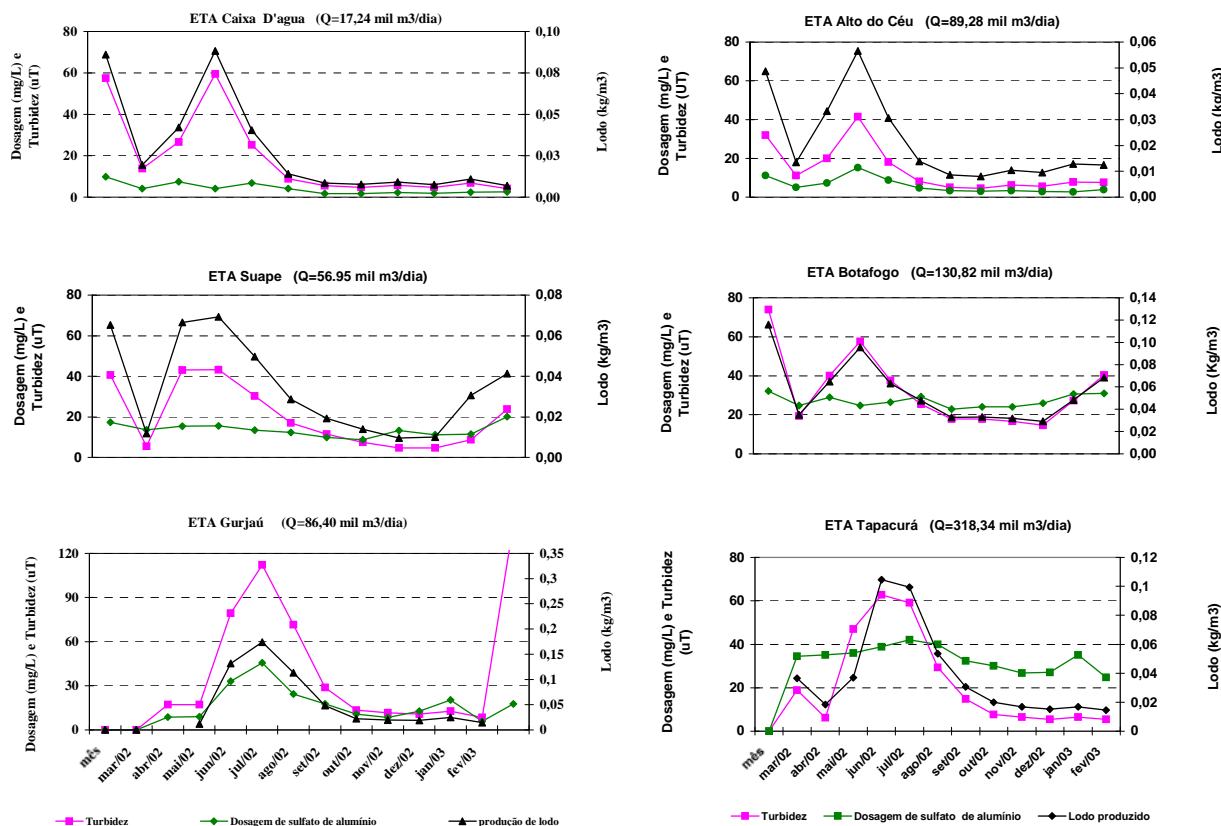
Os gráficos da Figura 2 mostram a produção de lodo nos decantadores das ETAs Caixa D'água, Gurjaú e Suape, durante 12 meses de acompanhamento. Observa-se uma maior quantidade de lodo nos meses de maio a julho, meses chuvosos na região metropolitana do Recife, período em que a água bruta apresenta um aumento na turbidez e cor e conseqüentemente na dosagem de sulfato de alumínio.



**Figura 2: Produção de lodo nos decantadores das ETAs Caixa D'Água, Suape e Gurjaú, no período de doze meses, determinados segundo a fórmula empírica de KAWAMURA.**

A maior produção de lodo nos meses com maior pluviometria está relacionada com a elevação da turbidez, pois o índice de turbidez teve um significativo aumento nos dias posteriores aos eventos chuvosos, decorrente de uma intensificação do carreamento de materiais superficiais para a rede hidrográfica.

A Figura 3 mostra os gráficos que relacionam turbidez média mensal da água a ser tratada, a dosagem média mensal de sulfato de alumínio usado e a produção de lodo por m<sup>3</sup> de água tratada para cada estação. Observa-se uma relação entre a turbidez e a produção de lodo, durante todo período de análise. Mostrando uma eficiência na remoção de partículas dissolvidas e coloidais presente na água bruta.



**Figura-3: Relação entre a produção de lodo, turbidez e dosagem de sulfato de alumínio nas ETAs da RMR.**

## DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS GERADOS NO ESTADO DE PERNAMBUCO

No estado de Pernambuco, como supracitado, existem 212 ETAs. Dessas apenas uma trata água salgada proveniente do oceano, essa ETA não está inserida na discussão deste trabalho.

Os resíduos gerados nas ETAs são causadores de impactos negativos ao meio ambiente. Para a minimização desse impacto estudos e projetos, com intuito de instalar sistemas de tratamento com correto destino e/ou reciclagem da água deve ser uma realidade dentro da indústria da água. Porém, dentre as 211 ETAs do Estado de Pernambuco, a maioria efetua o lançamento diretamente no corpo receptor mais próximo. Apenas oito tratam de alguma forma os seus resíduos. Entretanto, esses sistemas ainda lançam o lodo sedimentado em terrenos próximos às ETAs ou em corpos d'água. Devido à escassez hídrica em diversas regiões do Estado, a alternativa de recirculação da poção líquida após a separação dos sólidos é uma fonte alternativa de suprimento de água. Porém são necessárias medidas corretas de disposição da parte sólida, já que a disposição desses resíduos no solo, utilizada de forma contínua e descontrolada por longos períodos, torna-se uma possível fonte de degradação do solo nas áreas de descarte. A disposição em corpos d'água gera, entre outros problemas ambientais, prejuízos à vida aquática residente, como as comunidades nectônicas, bentônicas e planctônicas, devido à diminuição dos níveis de oxigênio na água (TAVARES, 2003 e NOVAES et al., 2005).

Seguem identificadas na tabela 3 as ETAs com suas respectivas tecnologia de tratamento e a disposição dos seus resíduos.





Tabela 3. Disposição final dos resíduos.

ETA	TECNOLOGIA	DESTINO DOS RESÍDUOS
Ameixas	Compacta	Os resíduos seguem para duas lagoas de decantação.
Jucazinho	Compacta	O sistema de tratamento dos resíduos sólidos dessa estação também estava inoperante e, por esta razão, os resíduos eram lançados diretamente no rio Capibaribe.
Afetos 2	Compacta	A água de lavagem dos filtros segue para um tanque de decantação de onde, após a separação sólido-líquido, a porção líquida retorna para a torre de reunião existente antes da ETA. O lodo acumulado nesse tanque é lançado em um canal próximo à ETA
Belém de São Francisco	Compacta	Os resíduos da lavagem dos filtros passam por uma câmara de decantação e, em seguida, a porção líquida é lançada no rio São Francisco. O material sedimentado é retirado manualmente e disposto no lixão do município.
Bodocó	Compacta	Os resíduos provenientes do tratamento são lançados em três lagoas de decantação, que ainda não operavam com o sistema de recirculação.
Xaréu	Compacta	As águas provenientes da lavagem dos filtros são armazenadas em um tanque de sedimentação e a porção líquida é recirculada. O lodo acumulado é drenado para uma caixa de rejeitos.
Várzea do Una	Compacta	O sistema de tratamento de resíduos encontrava-se apenas com o decantador funcionando. A recirculação dos efluentes estava inoperante e, por consequência, os resíduos estavam sendo lançados no rio Capibaribe, sem tratamento.
Porto de Galinha	Convencional	Apesar de existir o sistema de tratamento de resíduos e de recirculação, esse se encontrava inoperante e, por consequência, os resíduos estavam sendo lançados no meio ambiente, sem tratamento.

Em nenhuma das ETAs da Região Metropolitana do Recife, objeto de estudo desse trabalho, é realizado qualquer tipo de tratamento dos resíduos. Segundo Tavares (2003), essas ETAs juntas, tratam em torno de 700.000 m<sup>3</sup>/d e lançam em média 4% desse volume de lodo gerado nos decantadores e 1,6% de água de lavagem de filtro nos córregos e rios mais próximos das ETAs. Para minimizar esse impacto ambiental existem projetos de tratamento dos resíduos das ETAs Botafogo e Gurjaú. A Figura 4 mostra a estação piloto de tratamento dos resíduos produzidos na ETA Botafogo, através da tecnologia geotube. Essa técnica consiste em enviar o resíduo de lavagem da ETA para sacos em geotecido, que retêm os resíduos sólidos, que corresponde aproximadamente a 10% do descartado, e libera a água (Figura 5). Essa água retorna ao início do processo de tratamento. O lodo fica acondicionado adequadamente nos sacos, permitindo sua permanência na ETA por longos períodos, além de facilitar o seu transporte. Todavia, infelizmente, esse projeto ainda não se encontra em escala real.



Fig 4. Projeto piloto da tecnologia Geotube na ETA Botafogo



Fig 5. Efluente do tratamento com geotecido.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através dos dados obtidos calcula-se que os resíduos (líquidos e sólidos) gerados pelas estações de tratamento de água da Região Metropolitana do Recife estão na faixa de 5,6% de todo o volume tratado pelas seis ETAs acompanhadas. Sendo que 4% correspondem aos lodos produzidos nos decantadores (resíduos sólidos) e 1,6% as águas de lavagens dos filtros (resíduos líquidos) que compõem as ETAs. FERNANDES (1997) afirmou que no Brasil cerca 2000 ton/dia de lodos gerados nos decantadores são lançados nos cursos d'água, hoje, a RMR lança em torno 11 ton/dia de água de lavagem de filtro e 30 ton/dia de lodo de decantadores nos córregos e rios mais próximos das ETAs. Esses valores diferem dos valores obtidos por SANTOS (2001), quando estudou o lodo depositado nos decantadores da ETA Imperatriz Leopoldina em São Leopoldo, que encontrou 0,2% de lodo do total de água bruta. CASTRO *et al.* (1997b), afirma que o total de resíduos gerados nas ETAs é em torno de 1 a 3% do volume de água tratada. ESCALIZE e DI BERNARDO (1998), citam em seu trabalho que a ETA de São Carlos produz cerca de 1,5% do volume total da água tratada que corresponde aos resíduos líquidos provenientes dos filtros desta ETA. A ETA que produziu menos lodo na RMR foi a ETA Alto do Céu, 2% de todo seu volume tratado enquanto que a ETA Gurjaú produziu em torno de 7%. Conclui-se que a produção de lodo está muito mais relacionado com a qualidade da água bruta que com a vazão de adução da ETA, pois as ETAs Alto do Céu e Gurjaú apresentam vazão de aduzidas próximas, porém a ETA Gurjaú produziu em média 4 vezes mais lodo que ETA Alto do Céu.





Seria de boa prática se todas as ETAs da Companhia Pernambucana de Saneamento, COMPESA, registrassem as informações mensais de quantidade de lodo gerado em cada unidade produtora, pois tais valores são de fundamental importância no dimensionamento de um sistema de desidratação natural ou mecânica.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. RICHTER, C. A. **Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água**. São Paulo: E. Blucher, 2001.
2. SARON, A.; LEITE, V. M. B. **Quantificação de lodo em estação de tratamento de água**. In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Paraíba, 2001. **Anais...** ABES: João Pessoa. 2001. CD.
3. TAVARES, R. G. **Problemas operacionais da indústria da água: consumo excessivo de cloro na linha tronco de distribuição do sistema Gurjaú e lodos gerados pelas 6 maiores estações de tratamento de água da Região Metropolitana do Recife**. 2003. 145 p. Dissertação (Mestrado) - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003